第28講　演習問題

2　塩の水溶液の蒸気圧降下に関する次の文を読み，以下の問いに答えよ。ただし，塩は水溶液中で完全に電離するものとする。

塩が溶けている希薄水溶液の蒸気圧Pは，純水の蒸気圧をP_0，溶媒とイオンの物質量をそれぞれN，n(mol)とすると，$P=\dfrac{N}{N+n}P_0$の関係にあることが知られている。これをラウールの法則という。純水と水溶液の蒸気圧の差(蒸気圧降下)を$\varDelta P$とすると，

$$\varDelta P=P_0-P=\left(1-\frac{N}{N+n}\right)P_0=\frac{n}{N+n}P_0$$

と表せる。ここで，希薄水溶液では$n \ll N$なので，$N+n \fallingdotseq N$とすると，$\varDelta P=\dfrac{n}{N}P_0$となる。

(1)　塩化ナトリウム0.585 gを180 gの純水に溶かした水溶液の蒸気圧降下を純水の蒸気圧P_0を用いて表せ。

(2)　18.0 gの純水が入ったビーカーA，Bに，それぞれ塩化ナトリウムを0.0585 g，0.0293 g加え，水に溶解させた。これらを図１に示すように容器内に収めて密封した。しばらく放置すると，２つの水溶液の蒸気圧が等しくなり，２つのビーカーの水の量は変化しなくなった。このとき，ビーカーA，B内の水の質量(g)はいくらか，有効数字２桁で求めよ。なお，各溶質は完全に電離し，容器内の液体の水はビーカーの中にのみ存在し，水蒸気として存在する水の物質量は液体の水の物質量と比べて無視できるものとする。

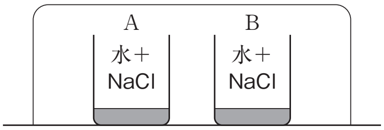


図１　密封容器

(3)　(2)と同様に，18.0 gの純水が入ったビーカーC，D，Eを用意し，ビーカーCおよびDに，それぞれ塩化ナトリウムを0.0585 g，塩化カルシウムを0.111 g加え，水に溶解させた。これらを図２に示すように容器内に収めて密封した。しばらく放置すると，それぞれのビーカーの水の量が変化しなくなった。このとき，ビーカーC，D，E内の水の質量(g)はいくらか，有効数字２桁で求めよ。なお，容器内の液体の水はビーカーの中にのみ存在し，水蒸気として存在する水の物質量は液体の水の物質量と比べて無視できるものとする。

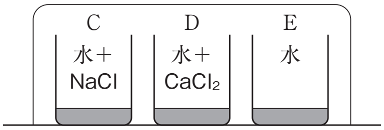


図２　密封容器

3　次の文章を読み，(1)～(4)の問いに答えよ。

1.01×10^5 Paのもとで，純水をゆっくりと冷却すると，図1の冷却曲線①のように時間とともに温度が変化する。液体であるa点の純水を冷却していくとc点に達するまで純水は液体のまま存在する。このようなb点からc点までの状態を[ア]という。液体の水は[イ]結合をしているが，冷却しても[イ]結合は乱雑な向きのままで，[イ]結合から規則正しい向きをした氷の結晶にはなり得ない。この過渡的な状態が[ア]である。その後，c点からd点に示すように急激に温度が上昇し，e点へと向かう。

一方，1.01×10^5 Paのもとで不揮発性の溶質を溶かした希薄水溶液（水溶液Aとする）をゆっくりと冷却すると，図2の冷却曲線②のように変化する。水溶液Aの凝固点は，純水の凝固点より[ウ]なる。この現象を[エ]という。f点からg点の間は，生じた氷の分だけ溶液全体に対する[オ]の割合が減少するため，溶液の濃度が[カ]なり，さらに[エ]が進むことで温度が下がっていく。

(1)　空欄[ア]～[カ]に適した語句を入れよ。

(2)　d点からe点まではどのような状態であるか15字以内で説明せよ。

(3)　水溶液Aの凝固点を図2中のt_1～t_4のうちから選べ。ただし，冷却曲線②の直線部分の延長線が温度軸と交わる点の温度をt_1，直線部分の延長線が曲線と交わる点の温度をt_2，曲線部分から直線部分に変わる点の温度をt_3，曲線部分の最低点の温度をt_4とする。

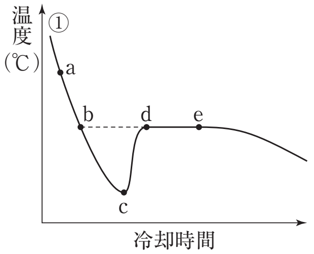


図1　純水の冷却曲線

(4)　34.2 gのショ糖($C_{12}H_{22}O_{11}$)を1.00 kgの純水に溶かした水溶液の凝固点を測定すると−0.185℃であった。以下の問い(a)～(b)に答えよ。ただし，計算結果はすべて有効数字3桁で求めること。

(a)　500 gの純水に0.585 gの塩化ナトリウムを溶かした水溶液の凝固点を求めよ。また，この塩化ナトリウム水溶液を−0.200℃まで冷却したとき，生じた氷は何gか求めよ。

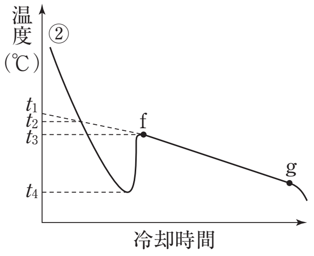


図2　水溶液Aの冷却曲線

(b)　硫酸は水溶液中で以下のように段階的に電離している。

$$H_2SO_4 \longrightarrow H^+ + HSO_4^- \qquad HSO_4^- \rightleftarrows H^+ + SO_4^{2-}$$

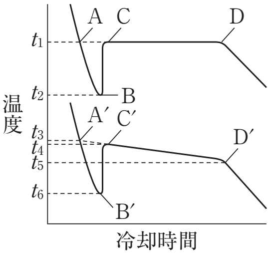
1段目は完全に電離しているのに対し，2段目は一部が電離している。硫酸4.90 gを500 gの純水に加えたとき，凝固点は−0.385℃であった。2段目の電離度αを求めよ。

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第28講　確認テスト

1　次の文章を読み，以下の問いに答えよ。

図の２つのグラフは，純粋な水の場合と，スクロース水溶液の場合の冷却曲線を表している。これらの液体を冷却していくと，時間とともに液体の温度は低下し，B点およびB′点まで温度が低下した後，C点およびC′点まで急激に上昇した。さらに冷却を続けるとC点からD点までは温度が変化しなかったが，C′点からD′点までは少しずつ温度が低下した。D点およびD′点をすぎると，大きく温度が低下するようになった。



t_3は直線C′D′の延長線とグラフとの交点の温度
t_4はC′点の温度

問１　スクロース水溶液の凝固点として適切なものを選び記号で答えよ。

㋐　t_3　　㋑　t_4　　㋒　t_5　　㋓　t_6

問２　B点からC点まで温度が上昇する理由として最も適当なものを次の中から選び記号で答えよ。

㋐　氷の融解に伴い，融解熱が発生するから
㋑　水の凝固に伴い，凝固熱が発生するから
㋒　水の凝固に伴い，凝固熱を吸収するから
㋓　氷の融解に伴い，融解熱を吸収するから

問３　C′点からD′点まで，少しずつ温度が下がる理由として最も適当なものを次の中から選び記号で答えよ。

㋐　溶液の濃度が下がり，凝固点が下がるから
㋑　溶液の濃度が下がり，凝固点が上がるから
㋒　溶液の濃度が上がり，凝固点が上がるから
㋓　溶液の濃度が上がり，凝固点が下がるから

問４　水のモル凝固点降下を1.85℃・kg/molとし，0.400 mol/kgのスクロース水溶液の凝固点降下度(℃)はいくらか。最も適当なものを次の中から選び記号で答えよ。

㋐　0.37　　㋑　0.74　　㋒　1.48　　㋓　2.22

問５　塩化カルシウム二水和物4.41 gを水100 gに溶かした水溶液の凝固点降下度(℃)はいくらか。最も適当なものを次の中から選び記号で答えよ。ただし，水のモル凝固点降下を1.85℃・kg/molとし，塩化カルシウムは完全に電離すると考えよ。

㋐　0.56　　㋑　1.11　　㋒　1.65　　㋓　2.22

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第28講　演習問題

2

(1)　$2.0 \times 10^{-3} P_0$

(2)　A　24 g　　B　12 g

(3)　C　22 g　　D　32 g　　E　0 g

3

(1)　ア　過冷却　　イ　水素　　ウ　低く　　エ　凝固点降下　　オ　溶媒　　カ　大きく

(2)　固体と液体が共存している（固液平衡である）

(3)　t_2

(4)　(a)　凝固点　－0.0740℃　　氷　315 g

　　(b)　8.11×10^{-2}

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第28講　確認テスト

1　問１　㋐　　問２　㋑　　問３　㋓　　問４　㋑　　問５　㋒

【解説】

問１　略

問２　凝固開始直後は，急激に凝固が起こるため，凝固熱で温度が上昇する。

問３　溶媒のみが凝固するため，溶液の濃度が上昇し，凝固点が降下し続ける。

問４　$1.85\times0.400=\boxed{0.74}$（℃）

問５　使用した塩化カルシウム二水和物は$\frac{4.41}{147}=0.030\,\mathrm{mol}$

よって水和物から生じる水は$0.030\times2\times18=1.08\,\mathrm{g}$

以上より，

$$1.85\times\frac{0.030\times3}{\frac{(100+1.08)}{1000}}=\boxed{1.65}\text{（℃）}$$

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。